

99P3399



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 196 36 094 A 1

⑳ Aktenzeichen: 196 36 094.3  
㉑ Anmeldetag: 5. 9. 96  
㉒ Offenlegungstag: 27. 11. 97

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 02 M 1/00  
H 02 M 5/00 517  
H 02 M 7/48 217  
H 02 P 7/63  
H 05 K 7/20

DE 196 36 094 A 1

⑥ Innere Priorität:

196 20 085.7 21.05.96

⑦ Anmelder:

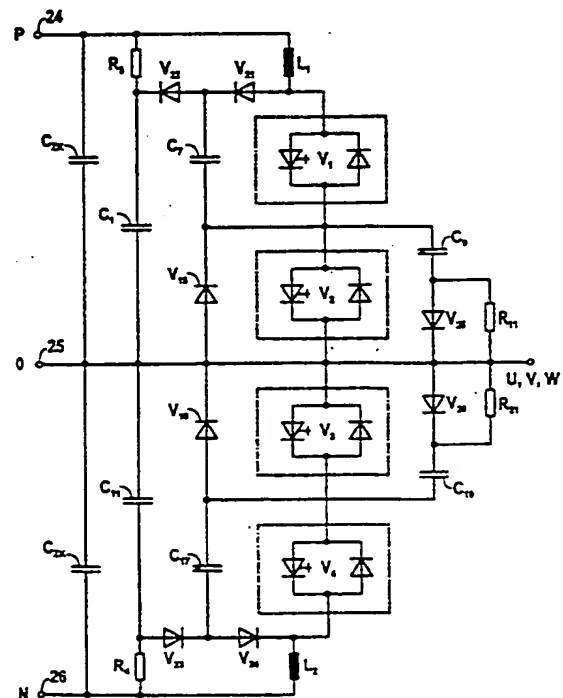
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦ Erfinder:

Salzmann, Theodor, Dipl.-Ing., 91080 Spardorf, DE;  
Wokusch, Johann, Dipl.-Ing., 91301 Forchheim, DE;  
Greif, Thomas, Dipl.-Ing. (FH), 91341 Röttenbach,  
DE; Müller, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing. (FH), 91058  
Erlangen, DE

⑤ Luftgekühlter Umrichter im Megawattbereich

- ⑤ Die Erfindung betrifft einen luftgekühlten Umrichter mit abschaltbaren Leistungshalbleitern, bei dem die Kühlleistung derart bemessen wird, daß die Temperatur der abschaltbaren Leistungshalbleiter eine kritische Temperaturgrenze nicht überschreitet, wobei der Umrichter optimiert ausgestattete Kühlkörper aufweist, die zumindest zum Teil thermisch parallel geschaltet sind und wobei der Umrichter in bezug auf Dauerlast in einem Leistungsbereich von 1 bis 20 Megawatt, vorteilhafterweise von 2 bis 10 Megawatt, arbeitend ausgebildet ist.



DE 196 36 094 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen luftgekühlten Umrichter mit abschaltbarem Leistungshalbleiter.

Es ist bekannt, Umrichter im Megawattbereich wassergekühlt auszuführen. Derartige Ausführungen sind jedoch in bezug auf Herstellung und Wartung teuer.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Umrichter in einem Leistungsbereich zwischen 1 und 10 MW anzugeben, der gegenüber den bekannten Umrichtern in diesem Leistungsbereich günstiger in der Herstellung ist. Dabei ist es außerdem wünschenswert, einen Umrichter für den Leistungsbereich zwischen 1 bis 20 MW anzugeben, der gegenüber den bekannten Umrichtern einfacher und kostengünstiger zu betreiben und zu warten ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Umrichter gemäß Anspruch 1 gelöst. Eine Luftkühlung für Umrichter, die in einem Leistungsbereich von 1 bis 20 MW betrieben werden, gilt in Fachkreisen als nicht geeignet. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß Umrichter im obenbezeichneten Leistungsbereich mit Luftkühlung ausführbar sind. Dabei haben sich derartige luftgekühlte Umrichter gegenüber bekannten wassergekühlten Umrichtern im obengenannten Leistungsbereich als besonders kostengünstig und wartungsarm erwiesen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verbinden Kühlkörper einzelne abschaltbare Leistungshalbleiter elektrisch. Diese elektrische Verbindung stellt ebenfalls eine gute thermische Verbindung dar, so daß die in den Leistungshalbleitern abfallende Wärme in ausreichender Weise abgeführt wird. Dabei hat es sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, Kühlkörper mit einer derart hohen thermischen Kapazität zu verwenden, daß die Kühlkörper bei Belastungsspitzen thermisch träge reagieren.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Umrichter ein Gebläse auf, das den Kühlkörpern Umgebungsluft oder vorgekühlte Luft zuführt oder daß vorteilhafterweise Umgebungsluft durch die Kühlkörper saugt.

Weitere Vorteile und erfinderische Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, anhand der Zeichnung und in Verbindung mit den Unteransprüchen. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 einen umrichtergespeisten Motor mit Diodengleichrichter auf der Netzseite,

Fig. 2 einen umrichtergespeisten Motor mit selbstgeführtem Gleich- und Wechselrichter auch auf der Netzseite,

Fig. 3 eine Umrichteranlage mit über Lichtwellenleiter verbundenem Automatisierungsgerät,

Fig. 4 einen Dreipunktwechselrichter mit GTO-Thyristoren (Hauptstromkreis ohne Beschaltung),

Fig. 5 einen Dreipunktwechselrichter-Baustein mit RC-GTO's und Beschaltungsnetzwerk,

Fig. 6 eine Umrichteranlage zur Speisung eines Drehstrommotors mit Teilumrichter in Dreipunktschaltung auf der Netz- und Maschinenseite,

Fig. 7 eine Umrichteranlage zur beidseitigen Speisung eines Drehstrommotors mit offener Wicklung mit Teilumrichter in Dreipunktschaltung,

Fig. 8 den mechanischen Aufbau eines erfindungsgemäßen Umrichters.

In Fig. 1 ist ein umrichtergespeister Motor 15 mit Diodengleichrichter 2 auf der Netzseite dargestellt. Die Umrichteranlage ist vorzugsweise als Reihenschaltung zweier B6-Diodenbrücken ausgeführt. Die netzsei-

tige Anbindung erfolgt über einen Transformator 1 mit zwei vorzugsweise um elektrisch 30° versetzten Sekundärwicklungssystemen zur Erzielung einer 12-pulsigen Netzrückwirkung. Der Diodengleichrichter 2 ist auf der Gleichspannungsseite über den Spannungszwischenkreis 3 mit dem maschinenseitigen Wechselrichter 4 verbunden. Die Zwischenkreisverbindung erfolgt vorzugsweise über drei Pole, den positiven und negativen Zwischenkreispole sowie dem Gleichspannungsmittelpunkt. Der maschinenseitige Wechselrichter 4 ist als selbstgeführter Wechselrichter in Dreipunktschaltung ausgeführt an dessen Ausgangsseite über drei Leiter der Drehstrommotor 15 angeschlossen ist.

In Fig. 2 ist ein umrichtergespeister Motor 9 mit selbstgeführtem Gleich- und Wechselrichter 6 und 8 auch auf der Netzseite dargestellt. Die Umrichteranlage besteht aus einem netzseitigen selbstgeführten Gleichrichter 6, der auf der Gleichspannungsseite über den Spannungszwischenkreis 7 mit dem maschinenseitigen Wechselrichter 8 verbunden ist. Beide Teilumrichter 6 und 8 sind in Dreipunktschaltung ausgeführt und die Zwischenkreisverbindung erfolgt vorzugsweise über drei Pole, den positiven und negativen Zwischenkreispole sowie dem Gleichspannungsmittelpunkt. Der netzseitige selbstgeführte Gleichrichter 6 ist über den Transformator 5 mit dem Netz verbunden. Die Schaltung ist vorzugsweise gleich der des maschinenseitigen Wechselrichters 8 ausgeführt und ermöglicht sowohl den Betrieb als Gleichrichter als auch als Wechselrichter zur Energierückspeisung z. B. im Bremsbetrieb des Motors 9. Der maschinenseitige Wechselrichter ist an seiner Ausgangsseite über drei Leiter mit dem Drehstrommotor verbunden.

Die Fig. 3 zeigt eine Umrichteranlage mit einem Automatisierungsgerät 14 zur Steuerung des Umrichters 16, wobei der gesamte Informationsaustausch über eine Lichtwellenleiterverbindung 13 erfolgt. Der Umrichter 16 weist einen netzseitigen Teilumrichter 10, einen Spannungszwischenkreis 11 und einen maschinenseitigen Teilumrichter 12 auf. Die Leistungsverbindungen der Teilumrichter mit dem Netz und dem Motor können z. B. nach Fig. 1 und Fig. 2 erfolgen. Der Umrichter 10 enthält alle für den Betrieb und die Überwachung benötigten Sensoren, so daß keine weitere Verbindung zum Umfeld erforderlich ist. Nicht dargestellt ist, daß sowohl der Umrichter als auch das Automatisierungsgerät eine Hilfsstromversorgung oder Batterie benötigt.

Die Fig. 4 zeigt den Hauptstromkreis eines Dreipunktwechselrichters. Zwischen dem positiven Gleichspannungspol 56 und dem negativen Gleichspannungspol 57 sind der P-seitige Zwischenkreiskondensator 54 und der N-seitige Zwischenkreiskondensator 55 in Reihe geschaltet. Ihr Verbindungspunkt bildet den Gleichspannungsmittelpunkt 58. Die Phasenbausteine 50, 51, 52 mit jeweils vier in Reihe geschalteten GTO's und gegenparallel geschalteten Freilaufdioden sind jeweils zwischen den positiven und negativen Gleichspannungspolen geschaltet. Der Verbindungspunkt zwischen dem ersten und zweiten GTO eines Phasenbausteins und dem dritten und vierten GTO eines Phasenbausteins ist jeweils über zusätzlich zwei in Reihe geschaltete gegenparallel zu den GTO's liegende Dioden verbunden, der Mittelpunkt dieser beiden Dioden ist jeweils mit dem Gleichspannungsmittelpunkt 58 verbunden. Der Verbindungspunkt zwischen dem zweiten und dritten GTO eines Phasenbausteins bildet die jeweilige Ausgangsklemme, die mit dem Motor 53 verbunden ist.

Die Fig. 5 zeigt einen Dreipunktwechselrichter-Bau-  
stein mit RC-GTO's und Beschaltungsnetzwerk. Die  
Reihenschaltung einer Induktivität L1, der vier RC-  
GTO's (Reverse Conducting Gate-Turn-Off-Thyristo-  
ren) V1, V2, V3, V4 und der Induktivität L2 zwischen  
dem positiven Gleichspannungspol 24 und dem negati-  
ven Gleichspannungspol 26 bilden zusammen mit den  
beiden Mittelpunktdioden V15 und V16 den Haupt-  
stromkreis eines Phasenbausteins eines Dreipunkt-  
wechselrichters. Dabei ist V15 mit der Anode mit dem  
Gleichspannungsmittelpunkt 25 und der Kathode mit  
dem Verbindungspunkt des ersten RC-GTO's V1 mit  
dem zweiten RC-GTO V2 verbunden. X16 ist mit der  
Kathode mit dem Gleichspannungsmittelpunkt 25 und  
der Anode mit dem Verbindungspunkt des dritten RC-  
GTO's V3 mit dem vierten RC-GTO V4 verbunden. Der  
Verbindungspunkt zwischen dem zweiten RC-GTO V2  
und dem dritten RC-GTO V3 bildet den Wechselspan-  
nungsausgang des Phasenbausteins V (V oder W).

L1 und L2 dienen zur Begrenzung der Stromanstiegs-  
geschwindigkeit, die Beschaltungsnetzwerke V21 und  
V22 mit C7 und C1 sowie V24 und V23 mit C17 und C11  
dienen zur Begrenzung der Spannungsanstiegsge-  
schwindigkeit beim Schalten der GTO's. Zu den Wider-  
ständen R3 und R4 wird die im jeweiligen Beschaltungs-  
netzwerk je Schaltvorgang gespeicherte Energie in  
Wärme umgesetzt und die Überladung der Kondensa-  
toren C1 und C11 verhindert bzw. zurückgeführt.

Die beiden RCD-Beschaltungsnetzwerke R11, C9,  
V25 bzw. R21, C19, V26 dienen als Zusatzbeschaltung  
der beiden mittleren RC-GTO's V2 und V3. Sie werden  
vorteilhafterweise bei Umrichtern hoher Leistung mit  
daraus resultierenden großen mechanischen Abmessun-  
gen eingesetzt, um Überspannungen an aufbaubeding-  
ten parasitären Induktivitäten von den GTO's V2 und  
V3 zu vermeiden.

Fig. 6 zeigt eine Umrichteranordnung zur Speisung  
einer Drehstrommaschine, wobei der netzseitige Teil-  
umrichter 33 und der motorseitige Teilumrichter 34 mit  
GTO's in Dreipunktschaltung, jeweils gleich, ausgeführt  
sind. Es ist jeweils der Hauptstromkreis eines Phasen-  
bausteins mit seinem Beschaltungsnetzwerk 40 bzw. 41  
dargestellt. Der P-seitige Zwischenkreiskondensator 37  
bildet gemeinsam mit dem N-seitigen Zwischenkreis-  
kondensator 39 den Gleichspannungszwischenkreis,  
über den die beiden Teilumrichter verbunden sind. Der  
P-seitige Beschaltungsrückladewiderstand 36 und der  
N-seitige Beschaltungsrückladewiderstand 38 sind mit  
der jeweiligen Seite der Beschaltungsnetzwerke 40 bzw.  
41 verbunden.

Der netzseitige Teilumrichter 33 ist ausgangsseitig  
über den Transformator 31 und dem Leistungsschalter  
32 mit dem Netz 30 verbunden. Der maschinenseitige  
Teilumrichter 34 ist ausgangsseitig mit dem Drehstrom-  
motor 35 verbunden.

Bei der Anordnung in Fig. 7 ist ein erster Umrichter  
74 und ein zweiter Umrichter 75 ausgangsseitig jeweils  
mit einer Seite 71 und 72 der offenen dreiphasigen  
Wicklung des Drehstrommotors 73 verbunden. Durch  
diese Anordnung wird neben einer Leistungsverdoppe-  
lung ein besonders vorteilhaftes Betriebsverhalten er-  
reicht, da, entsprechend abgestimmtes Pulsverfahren  
vorausgesetzt, selbst bei niedriger Schaltfrequenz der  
GTO-Thyristoren weitgehend sinusförmigen Stromver-  
lauf im Motor mit geringer Oberschwingungsbelastung  
erreicht wird.

Netzseitig ist der erste Umrichter 74 über eine optio-  
nale netzseitige Zusatzinduktivität 63 und einen ersten

Transformator 61 z. B. in Stern/Dreieckschaltung mit  
dem Energieversorgungsnetz 60 verbunden. Der zweite  
Umrichter 75 ist über eine optionale netzseitige Zusatz-  
induktivität 64 und einem zweiten Transformator 62  
vorteilhafterweise um elektrisch 30° gegenüber dem er-  
sten Transformator 61 versetzt (z. B. in Stern/Stern-  
schaltung) mit dem Energieversorgungsnetz 60 verbun-  
den. Durch diese Anordnung kommt es am Netz zu  
besonders günstigen Netzurückwirkungen, insbesondere  
wenn, wie im vorliegenden Beispiel, die Umrichter aus  
Teilumrichtern in Dreipunktschaltung bestehen. Es  
kommt dabei selbst bei Grundschrwingungsbelastung  
der selbstgeführten Netzstromrichter sinusförmigen  
Stromverlauf mit sehr geringem Oberschwingungsge-  
halt.

Die beiden Umrichter 74 und 75 weisen jeweils netz-  
seitige Teilumrichter 66 bzw. 65 und maschinenseitige  
Teilumrichter 69 bzw. 70 auf, die jeweils über einen  
Gleichspannungszwischenkreis 67 bzw. 68 verbunden  
sind. Die beiden Gleichspannungszwischenkreise 67  
bzw. 68 sind voneinander elektrisch getrennt. Alle Teil-  
umrichter 66, 65, 69, 70 sind in Dreipunktschaltung, vor-  
zugsweise mit RC-GTO's, ausgeführt.

Fig. 8 zeigt den mechanischen Aufbau eines erfin-  
dungsgemäßen, luftgekühlten Gleichrichters. Die Halb-  
leiterelemente sind im vorliegenden Ausführungsbei-  
spiel auf einem herausziehbaren Gleichrichterbaustein  
81 untergebracht. Der Gleichrichterbaustein 81 ist in  
einen Träger 82 einschiebbar. Der Träger 82 ist in Fig. 8  
ohne Seitenwände und ohne Türen gezeigt. Die Küh-  
lung erfolgt über einen Luftstrom, der mittels Lüfter 80  
erzeugt und den Träger 82 und den eingeschobenen  
Gleichrichterbaustein 81 durchströmt. Die Halbleiter  
des Gleichrichterbausteins 81 sind vorteilhafterweise  
zwischen Kühlkörpern 83 angeordnet, die vom Luft-  
strom parallel gekühlt werden.

#### Patentansprüche

1. Luftgekühlter Umrichter mit abschaltbaren Lei-  
stungshalbleitern, bei dem die Kühlleistung derart  
bemessen wird, daß die Temperatur der abschalt-  
baren Leistungshalbleiter eine kritische Tempera-  
turgrenze nicht überschreitet, wobei der Umrichter  
optimiert ausgestaltete Kühlkörper aufweist, die  
zumindest zum Teil thermisch parallel geschaltet  
sind und wobei der Umrichter in bezug auf Dauer-  
last in einem Leistungsbereich von 1 bis 20 Mega-  
watt, vorteilhafterweise von 2 bis 10 Megawatt, ar-  
beitend ausgebildet ist.
2. Umrichter nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß Kühlkörper einzelne abschaltbare  
Leistungshalbleiter elektrisch verbinden.
3. Umrichter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß er aufgrund der thermischen Ka-  
pazität der Kühlkörper bei Belastungsspitzen ther-  
misch träge reagierend ausgebildet ist.
4. Umrichter nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch  
gekennzeichnet, daß er ein Gebläse aufweist, das  
den Kühlkörpern Umgebungsluft oder vorgekühlte  
Luft zuführend ausgebildet ist oder das vorteilhaft-  
erweise Umgebungsluft durch die Kühlkörper  
saugend ausgebildet ist.
5. Umrichter nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch  
gekennzeichnet, daß er als Umrichter mit Gleich-  
spannungszwischenkreis ausgebildet ist.
6. Umrichter nach Anspruch 5, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß er als Umrichter mit Gleichspan-

nungszwischenkreis in Dreipunktschaltung ausgebildet ist.

7. Umrichter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß er als Umrichter mit Gleichspannungszwischenkreis in n-Punkt-Schaltung ausgebildet ist, wobei n größer gleich 5 ist. 5

8. Umrichter nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß er als Umrichter mit Stromzwischenkreis ausgebildet ist.

9. Umrichter nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß er als Direktumrichter ausgebildet ist. 10

10. Umrichter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die abschaltbaren Leistungshalbleiter als GTO's, d. h. als Gate Turn Off Thyristors, ausgebildet sind. 15

11. Umrichter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß er abschaltbare Leistungshalbleiter aufweist, die als MCT's, d. h. als MOS Controlled Thyristors, ausgebildet sind. 20

12. Antriebseinrichtung für Walzgerüste nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß er abschaltbare Leistungshalbleiter aufweist, die als Leistungstransistoren, insbesondere als IGBT's, d. h. Insulated Gate Bipolar Transistors, ausgebildet sind. 25

13. Antriebseinrichtung für Walzgerüste nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die abschaltbaren Leistungshalbleiter rückwärts leitend ausgebildet sind. 30

14. Umrichter nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er in bezug auf Stoßlast in einem Leistungsbereich von 2 bis 30 Megawatt, vorteilhafterweise von 4 bis 20 Megawatt, arbeitend ausgebildet ist. 35

15. Umrichter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein elektrischer Motor mit zwei Umrichtern in Tandemschaltung, d. h. einer Schaltung, bei der der Motor offene Wicklungen aufweist, die beidseitig von Umrichtern gespeist werden, verschaltet ist. 40

16. Umrichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß er als sicherungsfreier Umrichter ausgebildet ist. 45

17. Umrichter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß er zur Speisung von elektrischen Motoren für Walzwerke für Schiffsantriebe, für elektrische Fahrzeuge im allgemeinen oder zur Netzkomensation verwendet wird. 50

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

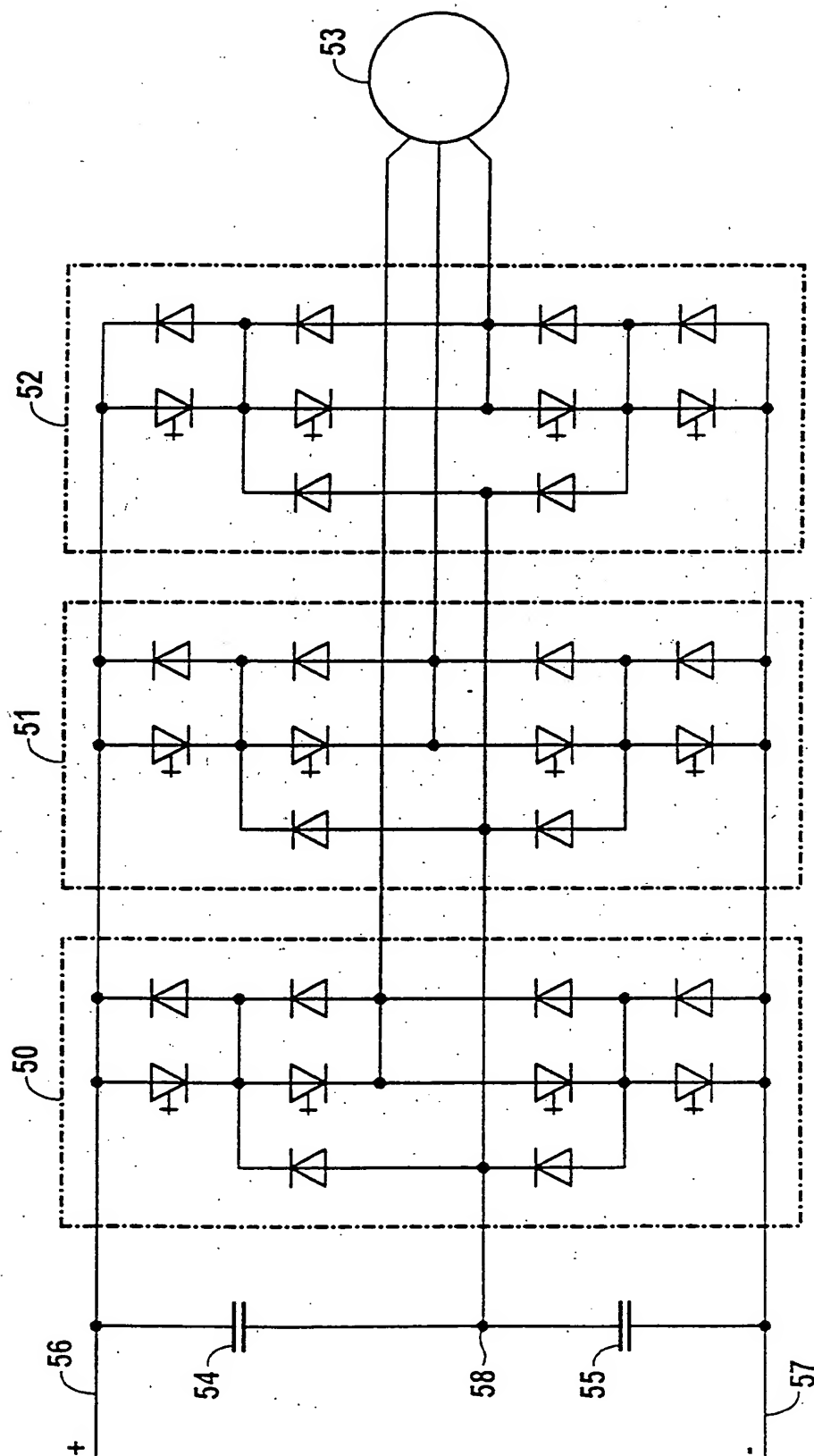


FIG 4

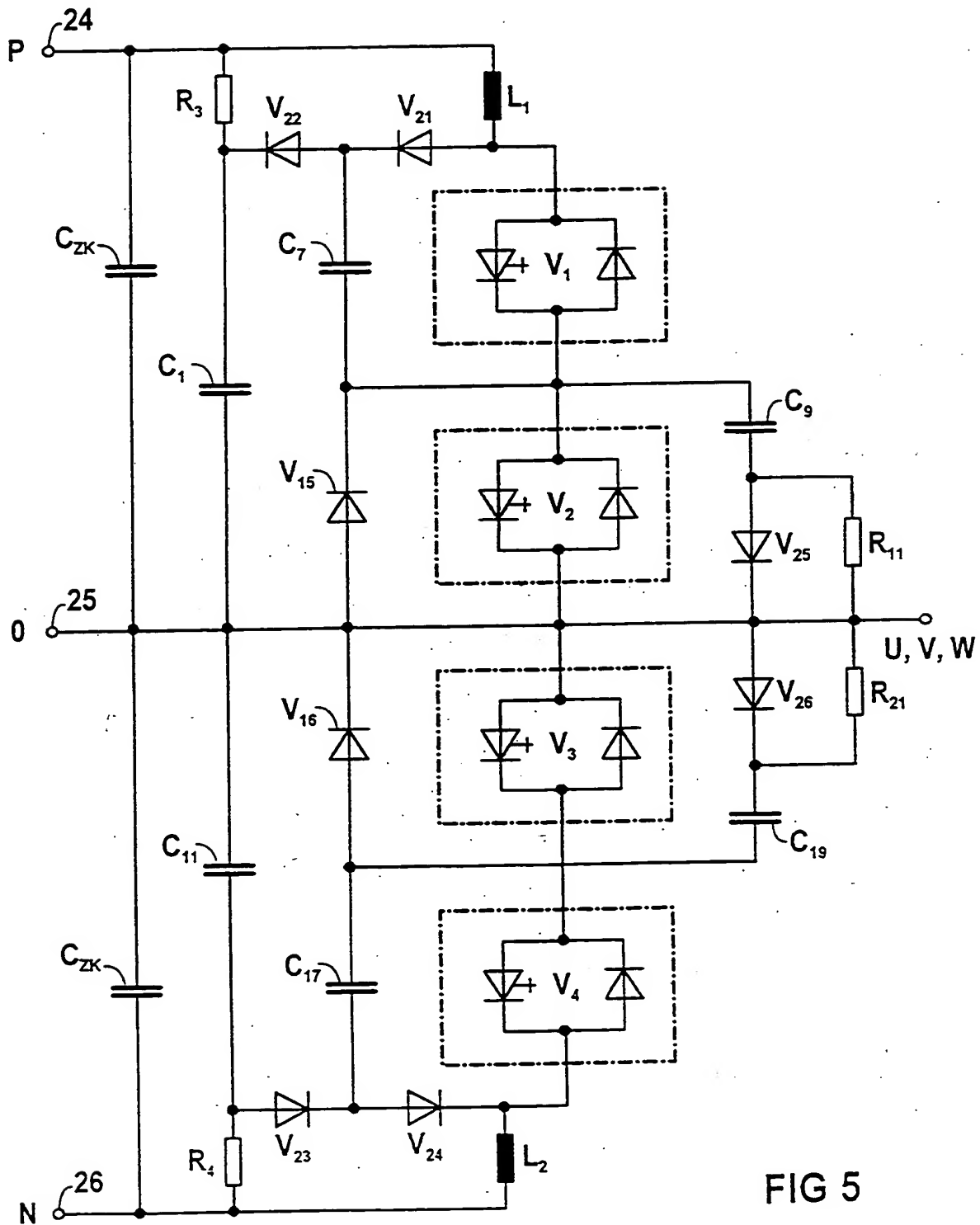


FIG 5

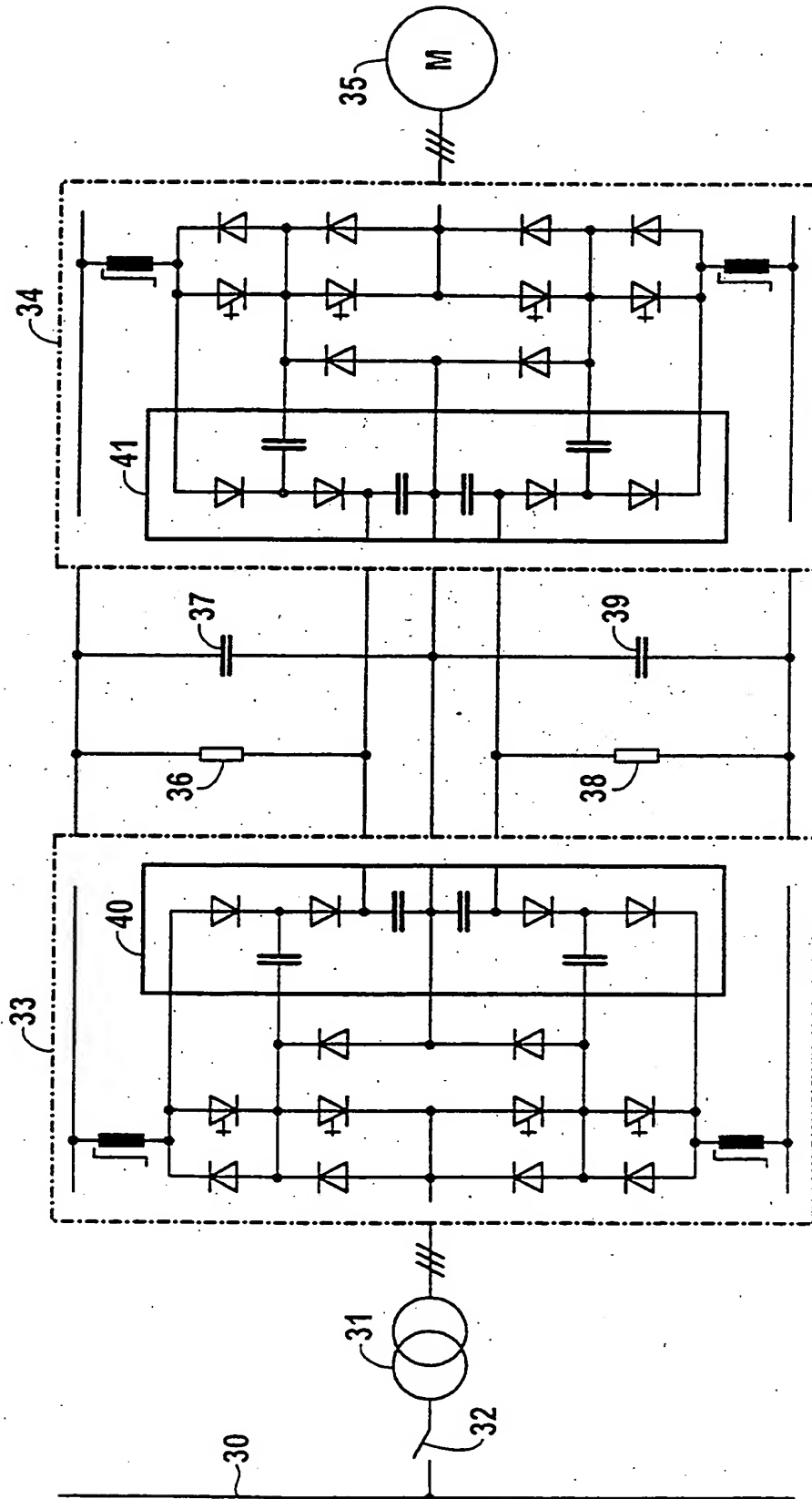


FIG 6

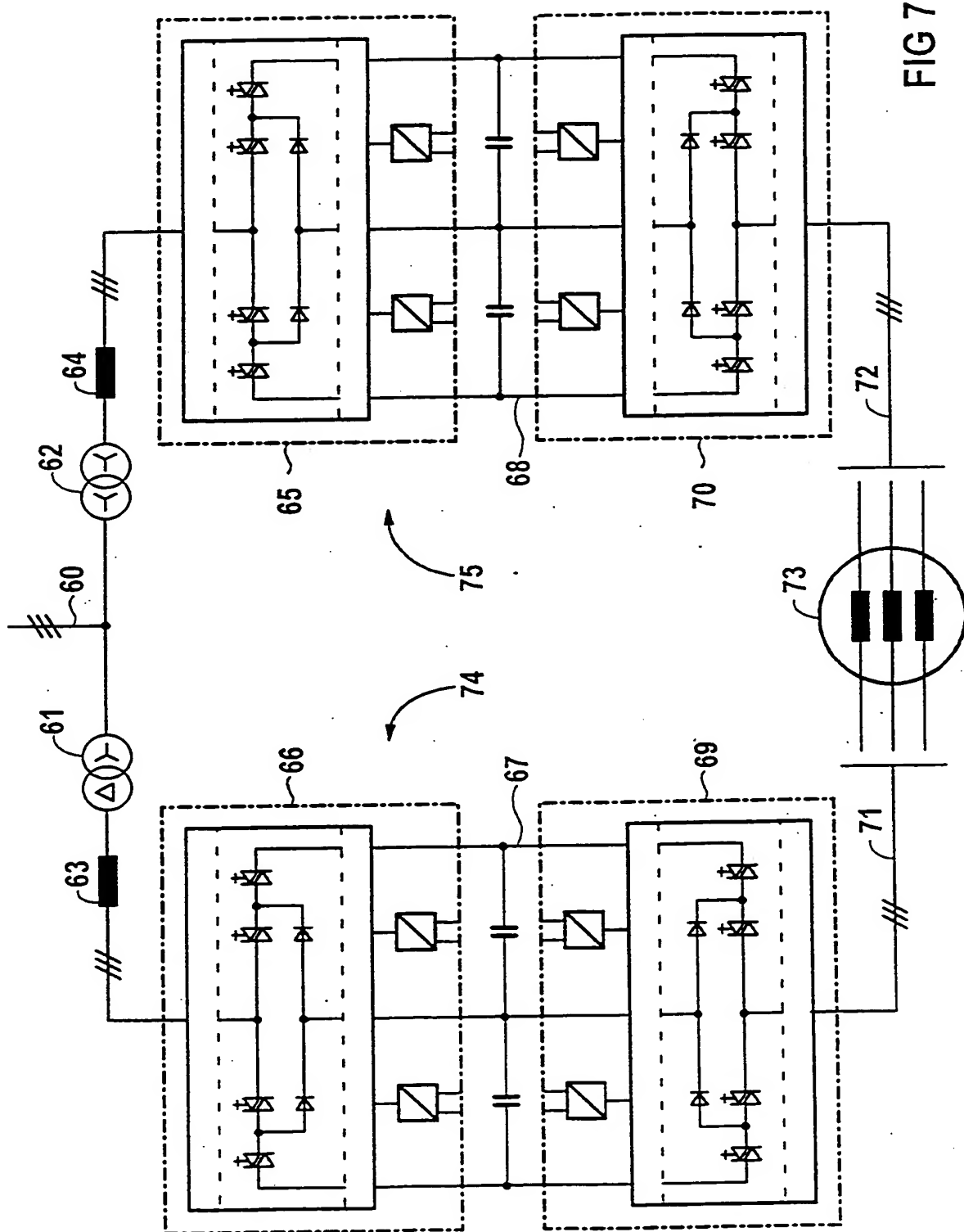


FIG 7

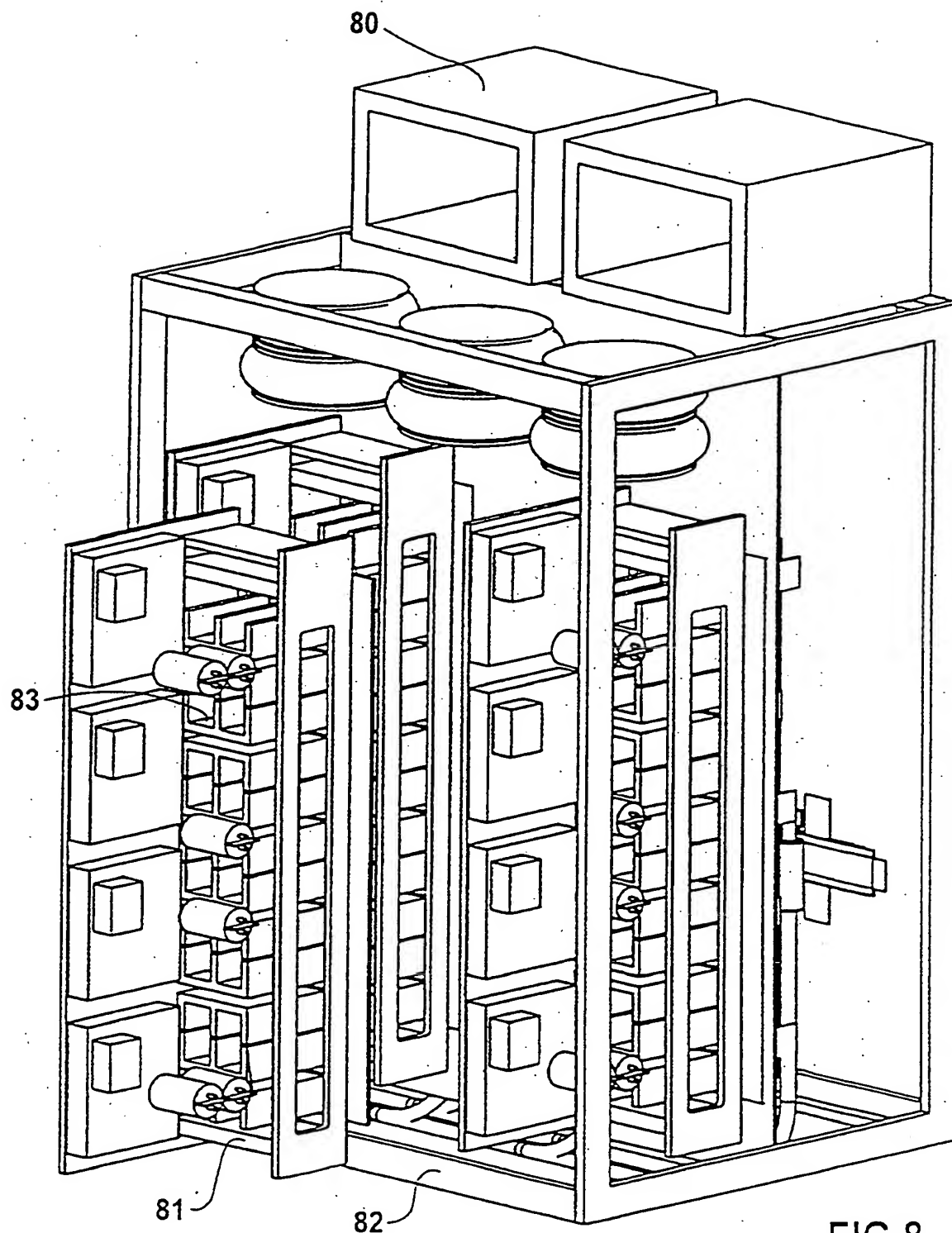


FIG 8

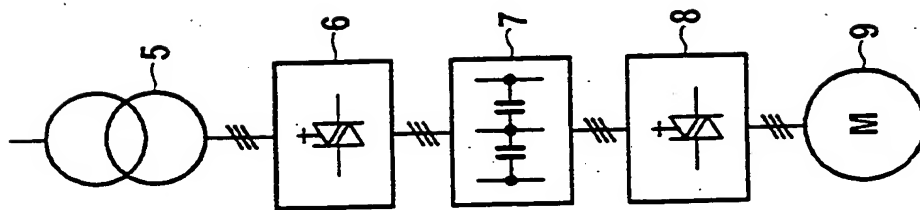


FIG 2

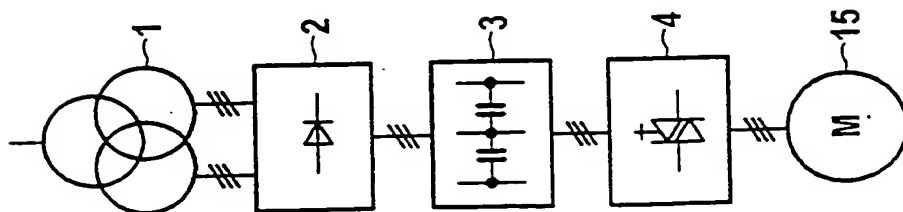


FIG 1

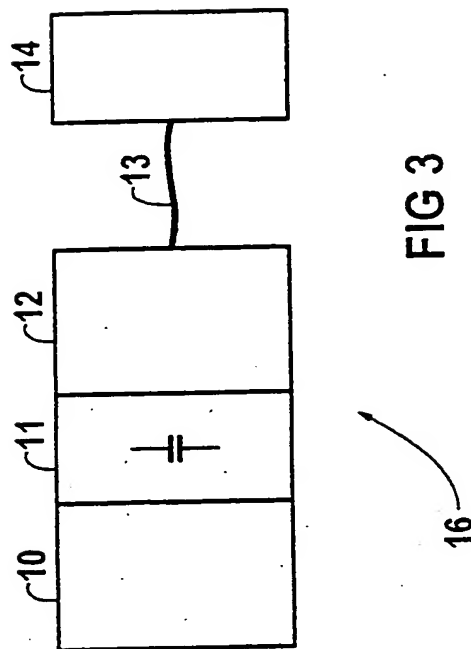


FIG 3